

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-062554
(43)Date of publication of application : 08.03.1996

(51)Int.CI.

G02F 1/025
G02F 1/015

(21)Application number : 06-202295

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD

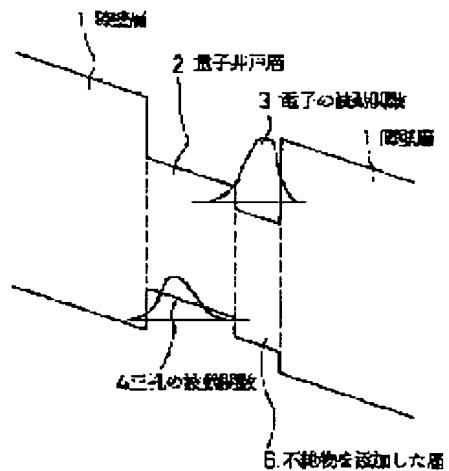
(22)Date of filing : 26.08.1994

(72)Inventor : SUZUKI RYOJI

(54) SEMICONDUCTOR OPTICAL MODULATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To greatly improve the characteristics of a modulator by promoting an effect of confining not only electrons but holes as well.
CONSTITUTION: This semiconductor optical modulator has a multiple quantum well structure formed with quantum well layers 2 between barrier layers 1 and 1. At least one of the quantum well layers 2 in the multiple quantum well structure are formed as layers 6 mixed with an impurity turning to an (n) type or (p) type in part thereof. The impurity is not added to the remaining part of the quantum well layers 2. The Fermi level and entire part of the energy bands of the layers 6 mixed with this impurity shift when the layers 6 mixed with the impurities are formed in part of the quantum well layers 2.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-62554

(43) 公開日 平成8年(1996)3月8日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 F 1/025
1/015

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

5 0 1

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全4頁)

(21) 出願番号 特願平6-202295

(22) 出願日 平成6年(1994)8月26日

(71) 出願人、000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 鈴木 良治

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立
電線株式会社オプトロシステム研究所内

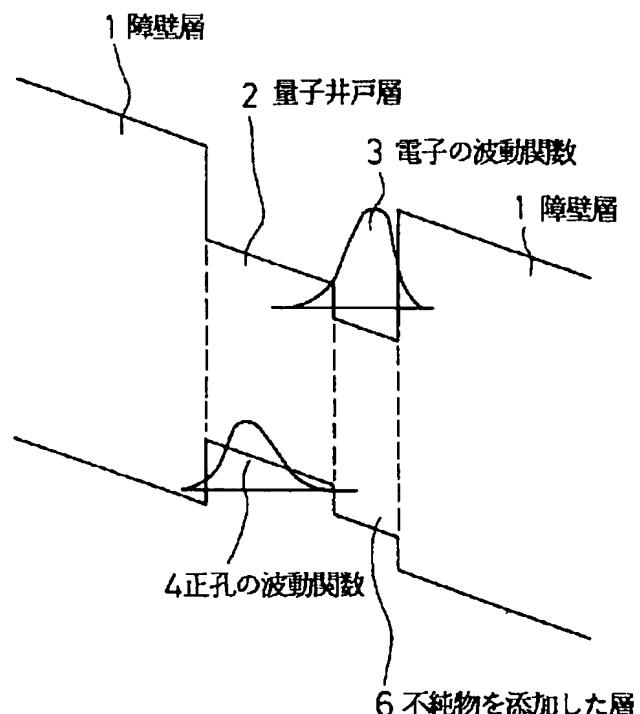
(74) 代理人 弁理士 松本 孝

(54) 【発明の名称】 半導体光変調器

(57) 【要約】

【目的】電子のみならず正孔についても閉じ込め効果を助長し、変調器の特性を大幅に向上させる。

【構成】障壁層1、1間に量子井戸層2が形成された多重量子井戸構造を有する半導体光変調器である。多重量子井戸構造中の少なくとも1つの量子井戸層2は、その一部にn型あるいはp型となる不純物を添加された層6として形成される。量子井戸層2の残りの部分は不純物が添加されていない。量子井戸層2の一部に不純物を添加した層6を形成すると、それによってその不純物を添加した層6のフェルミレベル及びエネルギー-band全体がシフトする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】多重量子井戸構造を有する半導体光変調器において、該多重量子井戸構造中の少なくとも1つの量子井戸層は、その一部にn型あるいはp型となる不純物を添加され、残りの部分は不純物が添加されていない構造の量子井戸層であることを特徴とする半導体光変調器。

【請求項2】半導体がAlGaAs/GaAs系、またはInGaAs/InAlAs系であることを特徴とする請求項1に記載の半導体光変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光変調器、特に化合物半導体を用いた多重量子井戸構造を有する光変調器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】化合物半導体を用いた光変調器としては、LiNbO₃（ニオブ酸リチウム）のような光学結晶に顕著な電気光学効果を用いた変調器の他に、多重量子井戸構造に特有な量子閉じ込めシタルク効果（以下、QCS-E効果と呼ぶ）を利用した光変調器が知られている。

【0003】QCS-E効果とは、半導体の量子井戸面に垂直に電界を加えた場合、量子井戸構造に特有の、キャリアの強い閉じ込め効果が現れ、このために高電界下でも励起子（電子・正孔対）が存在し、吸収端が低エネルギー側に大きく移動する効果である。吸収端の移動と共に屈折率も変化することから光変調器に応用されている。

【0004】従来、このQCS-E効果を利用した変調器の多重量子井戸構造としては、図3に示すように、通常の量子井戸層2と障壁層1（いずれも不純物は添加していない）を20～40組重ねた構造が用いられていた。なお、図3は、この構造の量子井戸の逆方向電界印加時のエネルギー一バンドダイヤグラムを示しており、3は電子の波動関数、4は正孔の波動関数である。

【0005】最近、QCS-E効果を図3の構造の場合よりも助長し、光変調器の特性を向上させる構造が提案された（例えば、1992年春、応用物理学会学術講演会予稿集29a-G-3（文献））。これは図3の対称構造のものに対して非対称量子井戸と呼ばれる。図4に示すように、量子井戸層2の一部をバンドギャップがより大きな、かつ格子整合の取れる材料で置き換えて、量子井戸層2よりバンドギャップが大きい層5を形成する。具体的には、GaAs量子井戸層の一部をよりバンドギャップの大きいAl混晶比0.1のAl_{0.1}Ga_{0.9}As層を挿入し、電子の閉じ込め効果を大きくしている。これにより、予め量子井戸内の波動関数3に偏りを持たせておくことで、閉じ込め効果を助長し、QCS-E効果を増大させようとするものである。なお、図4は、この

構造の量子井戸の逆方向電界印加時のエネルギー一バンドダイヤグラムを示している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記文献の非対称量子井戸構造においては、バンドギャップの大きな層を挿入するために、確かに電子に対しては所望の通りの閉じ込め効果がある。しかしながら、図4にも示す通り、正孔に対しては、バンドギャップの大きな層の方がエネルギー一ポテンシャルが高いために、正孔を閉じ込めるべき場所を塞いでしまうような形になり、期待されるような効果がない。従って、従来例ではQCS-E効果の増大は電子に対してしか、有効ではないという欠点があった。

【0007】本発明の目的は、前記した従来技術の欠点を解消し、電子のみならず、正孔についても閉じ込め効果を助長し、結果として光変調器の特性を大幅に向上させることができる新規な半導体光変調器を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、多重量子井戸構造を有する半導体光変調器において、多重量子井戸構造中の少なくとも1つの量子井戸層を、その一部にn型あるいはp型となる不純物を添加し、残りの部分は不純物が添加しない構造の量子井戸層としたものである。

【0009】本発明は、化合物半導体を用いた多重量子井戸構造に広く適用できるものであり、特に材料系に制限はないが、例えばAlGaAs/GaAs系、またはInGaAs/InAlAs系等がある。AlGaAs/GaAs系の場合のn型不純物としては例えセレン、p型不純物としては亜鉛がある。また、InGaAs/InAlAs系の場合のn型不純物としては例えシリコン、p型不純物としてはベリリウムがある。

【0010】

【作用】量子井戸層の一部に不純物を添加すると、それによってその不純物を添加した層のフェルミレベル及びエネルギー一バンド全体がシフトする。これにより電子のみならず正孔に対しても十分に閉じ込め効果が助長され、その結果、QCS-E効果が大幅に増大し、光変調器の特性が大幅に向上する。

【0011】

【実施例】以下、本発明の半導体光変調器の実施例を図を用いて説明する。図2に示すように、n型GaAs基板10上に、有機金属気相成長法を用いて先ず、n型Al_{0.4}Ga_{0.6}Asバッファ層11を2.0μm成長した。その次にn型Al_{0.2}Ga_{0.8}As層12を0.2μmを成長し、さらにGaAs層13とAl_{0.2}Ga_{0.8}As層14とからなる多重量子井戸層15をそれぞれ10nmづつ20周期で0.4μm、さらにp型Al_{0.2}Ga_{0.8}As層16を0.2μm成長して光の導波層を成長した。

【0012】ただし、量子井戸層15であるGaAs層

13の全ての層に対し、その膜厚10nmのうち、基板側3nmにn型不純物としてSiを $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ドーピングした。残りの7nmはアンドープで、キャリア濃度は 10^{15} cm^{-3} (n型)程度である。また、障壁層のAl_{0.2}Ga_{0.8}As層14もアンドープである。

【0013】この光導波層のp型Al_{0.2}Ga_{0.8}As層16の上に、p型Al_{0.4}Ga_{0.6}Asクラッド層17を $1.0 \mu\text{m}$ 、最後にp型GaAsコンタクト層18を $0.3 \mu\text{m}$ 成長した。そして、表面電極19、及び裏面電極20を設け、この多層構造から通常の半導体プロセスを用いて、導波路型の光変調器を作成した。

【0014】図1に、この構造の量子井戸の逆方向電界印加時のエネルギー・バンドギャップダイヤグラムを示す。不純物を添加していない量子井戸層2の一部に不純物を添加した層6を挿入してある。量子井戸層2の残りの部分は不純物は添加されていない。電子の波動関数3のみならず、正孔の波動関数4も大きな偏りを持っていることがわかる。

【0015】比較のために、上記実施例と同様にして図3及び図4に示す従来例の変調器を作成した。このとき、図3に示す変調器は量子井戸層の10nmを全てアンドープのGaAs層とし、図4に示す変調器は量子井戸層のうち3nmをAl_{0.1}Ga_{0.9}As層とし、7nmをGaAs層とした。

【0016】その結果、本実施例のものは、図3のものに比べて、印加電圧3Vにおいて波長 $0.9 \mu\text{m}$ で約3倍の屈折率変化が得られた。また、図4のものと比べても、印加電圧3V、波長 $0.9 \mu\text{m}$ で1.5倍の屈折率変化が得られた。

【0017】これらの屈折率変化の増大は、光変調器の位相変調効率の向上につながり、変調器の特性向上に寄与する。

【0018】なお、本発明の他の実施例としては、長波長帯の1.55μmを対象としたInGaAs/InAlAs系の多重量子井戸構造光変調器において、量子井戸層のInGaAs層の一部にn型不純物を添加することによっても同様の特性向上が現れる。

【0019】

【発明の効果】本発明の光変調器によれば、電子と正孔の両者を効率よく量子井戸内に閉じ込めることができるので、QCS-E効果を従来例より大幅に増大させることができ、変調器の変調効率や駆動電圧等の性能を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例にかかる量子井戸構造の逆方向電界印加時のエネルギー・バンドダイヤグラムを示す図である。

【図2】本実施例の半導体変調器の断面図である。

【図3】従来例の対称量子井戸構造の逆方向電界印加時のエネルギー・バンドダイヤグラムを示す図である。

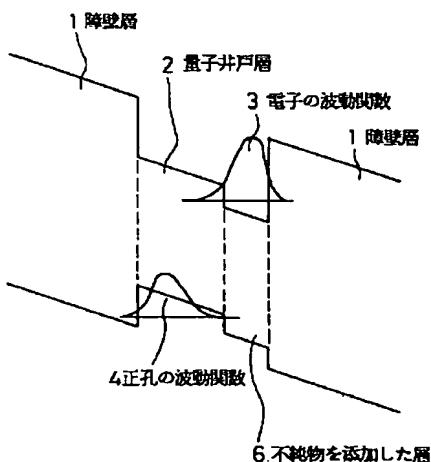
【図4】従来例の非対称量子井戸構造の逆方向電界印加時のエネルギー・バンドダイヤグラムを示す図である。

【符号の説明】

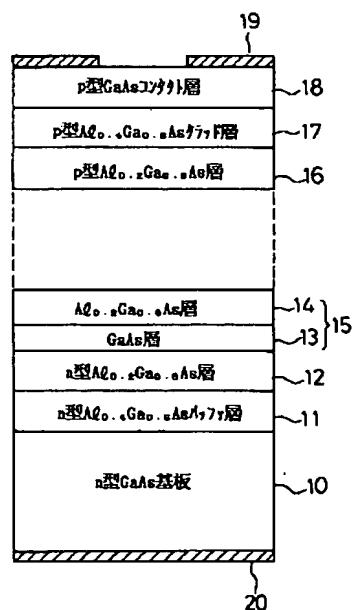
1 障壁層
2 量子井戸層
3 電子の波動関数
4 正孔の波動関数

6 不純物を添加した層
1 障壁層
2 量子井戸層
3 電子の波動関数
4 正孔の波動関数
6 量子井戸層2に不純物を添加した層

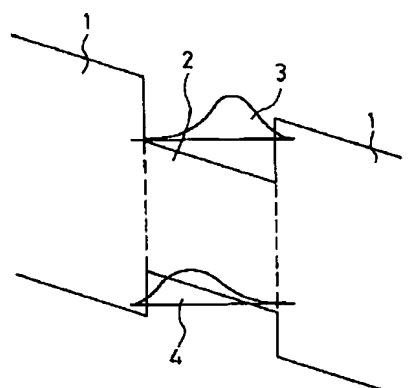
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

